جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره پانزدهم، پاییز ١٣٩٤

صص ٩٠-٧٥

واکاوی همدیدی سامانه کم‌فشار سودانی در رخداد ترسالی‌ها و خشکسالی‌های نیمه جنوبی ایران

فاطمه پرک[1]ــ دکتری آب‌وهوا شناسی، گروه آب‌وهواشناسی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

احمد روشنی ــ دکتری آب‌وهوا شناسی، پژوهشکده هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران

بهلول علیجانی ــ استاد گروه آب‌وهوا شناسی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ١٣٩٣/٠٧/١٤ تاریخ تصویب: ١٣٩٤/٠٤/٣

چکیده

مطالعه انجام شده در این پژوهش نشان می‌دهد سامانه‌های سودانی در ترسالی و خشک‌سالی نیمه جنوبی ایران نقش مهمی را ایفا می‌کند. بررسی نابهنجاری گرته‌های همدیدی در ماه‌های خشک و تر نشان‌گر دو گرته متفاوت حاکم در منطقه است. در گرته ترسالی، شرق مدیترانه، غرب دریای سرخ، نیمه غربی شبه‌جزیره عربستان، جنوب و جنوب‌غرب ایران، شمال دریای خزر همراه با نابهنجاری‌های منفی فشار و ارتفاع در سطح زمین و در تمام لایه‌های وردسپهر است، که نشان‌گر عمیق بودن ناوه شرق مدیترانه و دینامیکی بودن سامانه‌های کم‌فشار سودانی است. همچنین بر روی شمال‌شرق و شرق عربستان نابهنجاری‌های مثبت فشار و ارتفاع در سطح زمین و لایه‌های زیرین و میانی وردسپهر حاکم است که هوای گرم و مرطوب نواحی غرب اقیانوس هند را به درون سامانه سودانی تغذیه می‌کند. حرکت شرق سوی سامانه سودانی سبب انتقال حجم وسیعی از شار رطوبت و شار گرمای نهان به نواحی جنوب و جنوب غرب ایران می‌شود که منجر به ریزش بارش‌های هم رفتی بسیار بالایی به میزان چهار برابر میانگین سالانه در جنوب و جنوب غرب ایران شده است. در سال‌های خشک نابهنجاری‌های دما و ارتفاع متفاوت با دوره ترسالی است؛ بدین معنی که نواحی شرق دریای مدیترانه، سراسر غرب دریای سرخ، نیمه غربی شبه‌جزیره عربستان، نواحی جنوبی ایران و بر روی سواحل جنوبی دریای خزر نابهنجاری‌های مثبت در سطح زمین و در کلیه ترازهای وردسپهر دیده می‌شود. علاوه بر این، نواحی شمال‌شرقی و شرق شبه‌جزیره عربستان از نابهنجاری‌های منفی و یا نابهنجاری‌های مثبت بسیار کم برخوردار است و نشان می‌دهد که سامانه سودانی چندان فعال نبوده و رطوبت به نحو شایسته‌ای از نواحی غرب اقیانوس هند به درون سامانه سودانی انتقال نمی‌یابد.

کلیدواژه‌ها: واکاوی همدیدی، کم‌فشار سودانی، خشک‌سالی و ترسالی، نیمه جنوبی ایران

---

١ نویسنده مسئول: ٠٩١٨٣٤٢٩٦٤٣ Email : f.parak@yahoo.com

۱. مقدمه

بارندگی، مهم‌ترین متغیری است که تغییرات آن به‌طور مستقیم در رطوبت خاک، جریان‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی و ... بازتاب می‌یابد. واکاوی داده‌های بارش یکی از روش‌های معمول در بررسی خشک‌سالی و ترسالی در یک ناحیه است. این متغیر ارتباط مستقیمی با سامانه‌های بارشی ورودی به ایران و همچنین منابع رطوبتی که رطوبت را به درون سامانه‌ها تزریق می‌کند، دارد.

یکی از سامانه‌های مؤثر سرد سال بر روی کشور ایران، سامانه کم‌فشار سودانی است که در بعضی منابع به نام موج سودانی آمده است. این سامانه یکی از عناصر سازنده گردش عمومی جو در نواحی جنوب غربی دریای سرخ، بین سودان و اتیوپی است که در بیشتر ایام سال بر روی غرب اتیوپی و کشور سودان تشکیل می‌شود. وجود این سامانه از اوایل اکتبر تا پایان می بر روی منطقه مزبور ثابت باقی می‌ماند و با جریان‌های شرقی به‌ویژه در لایه‌های پایین وردسپهر از روی خلیج عدن و یا از نواحی شرق سومالی، هوای گرم و مرطوب خلیج عدن و غرب اقیانوس هند را به‌سوی مرکز کم‌فشار سودانی انتقال می‌دهد. این کم‌فشار در طی ماه‌های مزبور دارای شرایط گرمایی بوده و به‌صورت زبانه کم‌فشاری بین پرفشار مستقر بر روی شمال افریقا و پرفشار مستقر بر روی شبه‌جزیره عربستان به وجود می‌آید. فعال شدن این سامانه ارتباط مستقیمی با ناوه شرق مدیترانه داشته و با توجه به دامنه آن، کم‌فشار مزبور می‌تواند به‌صورت یک ناوه برگشتی از دریای سرخ و یا به‌صورت موج کم‌فشار دینامیکی درآمده و با یک حرکت مورب به‌سوی نواحی جنوب‌غربی تا جنوب-شرقی ایران انتقال یابد؛ بنابراین با آنچه که در بالا شرح داده شد، فعال شدن این سامانه از حالت ترمودینامیک به دینامیک و حرکت آن به‌سوی نواحی شمال یا شمال‌شرقی و تغذیه مناسب رطوبت به درون این سامانه سبب ایجاد بارش در نواحی نیمه جنوبی ایران می‌شود.

با توجه به آنچه که در مقدمه آمده است، به نظر می‌رسد که نقش سامانه باران‌زای سودانی در بارش‌های نیمه جنوبی و یا حتی نیمه شمالی ایران، مهم و قابل توجه است. ازاین‌رو که خشک‌سالی و ترسالی نیمه جنوبی ایران بیشتر متوجه این سامانه بوده و بررسی همدیدی آن، گرته‌های خشک‌سالی و ترسالی را مشخص می‌کند.

بارش‌های ناشی از این سامانه نه‌تنها در ایران، بلکه در نواحی شرقی مدیترانه و حتی ترکیه تأثیرگذار است و مطالعات متعددی در خارج از کشور و داخل، بر روی این سامانه انجام شده است.

نخستین بار در سال ۱۳٤۹ نقش منابع رطوبتی غرب اقیانوس هند و سامانه سودانی با جت همراه آن بر روی بارش نواحی جنوبی ایران مطالعه شده است (قائمی،۱۳٤۹).

در سال‌های اخیر سیستم‌های باران‌زای با منشأ سودانی که بر روی ایران ایجاد بارش می‌کنند، مورد توجه بیشتری قرار گرفته‌اند، ازجمله فرجی (۱۳٦۰)، ایزدنگهدار (۱۳۷۰)، لشکری (۱۳۷۵)، مفیدی (۱۳۸۳) و

مرادی (۱۳۸۵)، مطالعاتی را در این زمینه به انجام رسانده‌اند. بررسی سامانه‌های باران‌زا بر روی ایران طی سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۷٤ نشان می‌دهد که ۲۳ درصد از کل سامانه‌های کم‌فشار باران‌زای عبوری از روی ایران از نواحی جنوب‌غربی دریای سرخ تأمین می‌گردد (فرجی، ۱۳٦۰). خلیلی (۱۳۷۰)، نیز با بررسی‌های انجام شده به نتایج فوق دست یافته است. واکاوی انجام شده از طریق سری‌های زمانی بارش نشان می‌دهد که رخداد پدیده خشک‌سالی معلول عوامل فیزیکی و دینامیکی است که در توزیع گردش عمومی جو به‌ویژه در نواحی جنب حاره و حاره به وجود می‌آید. بعلاوه وجود کم‌فشار سودانی که یکی از این عوامل است نیز در خشک‌سالی ایران نقش مناسبی را ایفا می‌کند (فرج زاده اصل، ۱۳۷٤). با عمیق شدن ناوه شرق مدیترانه و کشیده شدن دامنه آن به کمتر از عرض ۱۸ درجه شمالی و ریزش هوای سرد عرض‌های میانی به‌سوی نواحی جنوب‌غربی دریای سرخ، این سامانه حالت دینامیکی پیدا کرده و با حرکت رو به شمال یا شمال شرق، خاورمیانه را تحت تأثیر قرارمی‌دهد (لشکری، ۱۳۸۱ و مرادی، ۱۳۸۵). این سامانه در صورت وجود شرایط مناسب در لایه‌های میانی جو و با توجه به خصوصیات دینامیکی آن، برخورداری از هوای گرم و پتانسیل رطوبت‌پذیری بالا، دسترسی به رطوبت فراوان دریاهای گرم، هنگام ورود به ایران بارش‌های مناسبی را در نیمه جنوبی ایران ایجاد می‌کند (کریمی، و مرادی، ۱۳۸۵). بررسی همدیدی هفت مورد سیلاب رودخانه‌های دامنه زاگرس غربی نشان می‌دهد که سامانه سودانی در ایجاد این سیلاب‌ها نقش بنیادی را ایفا می‌کند (حجتی‌زاده، ۱۳۸۱). واکاوی بارش‌های سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۸ نشان‌گر آن است که اپیدمی رنگ زرد گندم از انتقال سامانه سودانی به روی نواحی نیمه جنوبی ایران صورت می‌گیرد و بیش از نیمی از بارش‌های ایران به این سامانه تعلق دارد (پژوهشکده هواشناسی، ۱۳۸۳).

بررسی انجام شده در شرق مدیترانه نشان می‌دهد که تراف وارونه دریای سرخ[1]، هوای گرم و مرطوب خلیج عدن و نواحی غربی شبه‌جزیره عربستان را به‌سوی نواحی شرق مدیترانه انتقال داده و با فعال شدن و تقویت کم‌فشار شرق مدیترانه بارش‌های بسیار شدید و سنگینی را بر روی نواحی اردن، فلسطین و اسرائیل ایجاد می‌کند (آلپرت و همکاران، ۱۹۹۰). بررسی بادهای شدید بر روی فلسطین نشان می‌دهد که در طی زمستان وجود پرفشار لایه زیرین شرق عربستان فرآیند تقویت و حرکت ناوه شرق مدیترانه را سبب می‌شود (سارونی،۱۹۹۲). بررسی توفان‌های همرفتی در بیابان نقبه نشان می‌دهد که ناوه وارونه دریای سرخ در ایجاد بارش‌های سنگین و سیل‌آسای این منطقه در فصل بهار و پاییز نقش عمده‌ای داشته و بیش از ۸۳ تا ۱۰۰ درصد بارش سالانه صحرای نقبه توسط این فرآیند تأمین می‌شود (کیدرون و همکاران، ۲۰۰۰). در واکاوی توفان‌های شدید پاییزی منطقه شرق مدیترانه دیده می‌شود که ژرف‌شدگی ناوه لایه میانی وردسپهر در شرق مدیترانه و گسترش آن به عرض‌های جنوبی‌تر سبب تقویت جت جنب حاره در شمال شرق افریقا شده و

1 Red Sea Inverted Trough

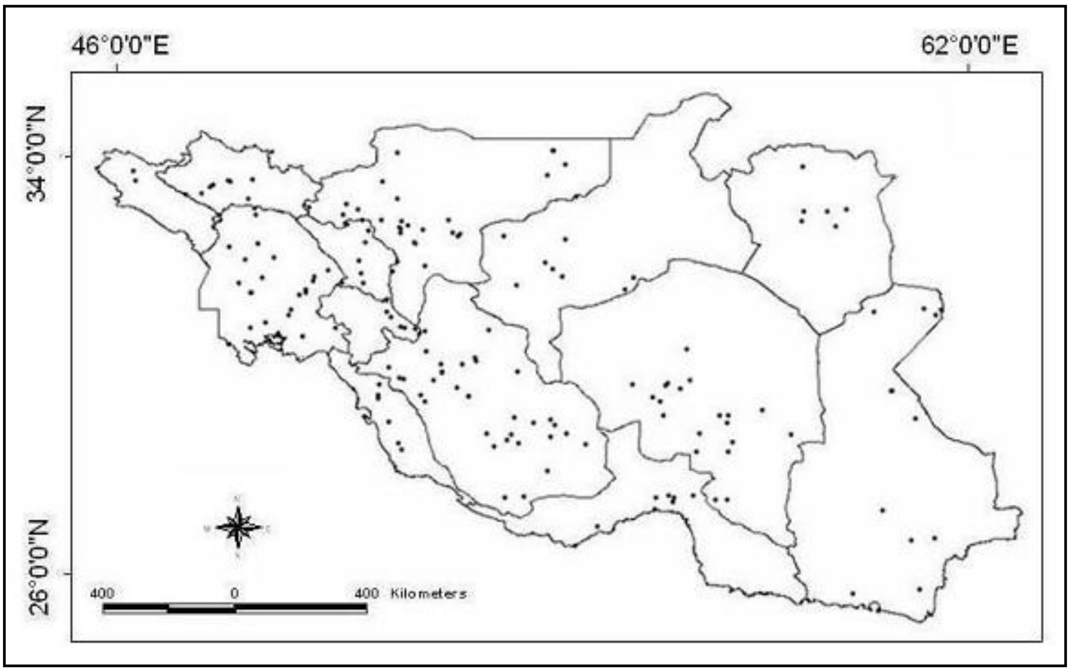
درنتیجه ناوه وارونه دریای سرخ تقویت می‌شود (دایان و همکاران،۲۰۰۱). مطالعه ۵۲ سیل بسیار شدید در سال‌های ۱۹۴۶_۱۹۶۵ در بیابان نقبه نشان می‌دهد که ۳۸ درصد این سیل‌ها زمانی رخ داده‌اند که ناوه وارونه دریای سرخ فعال بوده است (کاهانا و همکاران، ۲۰۰۲).

۲. محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه شامل استان‌های ایلام، خوزستان، لرستان، چهارمحال بختیاری، کهکیلویه و بویراحمد، بوشهر، اصفهان، یزد، کرمان، هرمزگان، فارس و خراسان جنوبی (شکل ۱) است

۳. مواد و روش‌ها

پس از جمع‌آوری داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های همدیدی، اقلیم‌شناسی، باران‌سنجی (شکل ۱)، در دوره آماری ۱۹۷۵ لغایت ۲۰۰۵ مبادرت به بررسی آماری داده‌ها با استفاده از روش‌های آماری متعامد تجربی شده است.



شکل ۱ موقعیت منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه

ابتدا برای بررسی تغییرات زمانی مکانی بارش در ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه از روش تابع متعامد تجربی EOF استفاده خواهد شد که مؤلفه‌ها و روش به‌کارگیری این تابع به شرح زیر است:

تحلیل‌های EOF بر روی بارش چندین مد تغییرات را نشان می‌دهد که هر مد می‌تواند با چندین مکانیزم تغییرات همراه باشد. در این روش فرض می‌کنیم مقدار یک پارامتر X(بارش) در ایستگاه‌های

مختلف x_1،x_2،... و x_p در زمان‌های t_1،t_2،... و t_n اندازه‌گیری شده‌اند. (Bjornsson and Venegas 1997)). داده‌های اندازه‌گیری شده در ماتریس F طوری ذخیره می‌شود که هر سطر آن مقادیر X را در کلیه ایستگاه‌ها برای یک زمان معین مطابق ماتریس زیر شامل می‌شود:

$$F=\begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & . & . & x_{1p} \\ x_{21} & & & & \\ . & & & & \\ & & & & \\ x_n & . & . & & x_{n1} \end{pmatrix}_{n\times p}$$

در این ماتریس xji معرف مقدار پارامتر x در ایستگاه i و زمان j است هر map در یک بردار در یک سطر ماتریس F چیده می‌شود. پس از تشکیل ماتریس F که به ماتریس داده‌ها معروف است، ماتریس کواریانس R از ضرب ترانهاده ماتریس داده‌ها در خودش مطابق معادله ۲ به دست می‌آید

$$R=F^t .F$$

سپس مقادیر ویژه و بردارهای ویژه ماتریس R محاسبه می‌شود به‌طوری‌که:

$$RC=C\lambda$$

در رابطه فوق λ یک ماتریس قطری شامل مقادیر ویژه و C ماتریس بردارهای ویژه مربوط به ماتریس R است. هر چه مقدار ویژه مربوط به یک بردار ویژه یا مد بیشتر باشد سهم آن مد در تبیین تغییرات داده‌ها بیشتر است (Bjornsson and Venegas 1997) . درنهایت ما فقط EOF هایی را که بزرگ‌ترین مقادیر ویژه را دارند مورد استفاده قرار می‌دهیم. اولین N مقدار ویژه، رفتار داده‌ها را تسخیر کرده‌اند و سایر مقادیر ویژه نوفه هستند. و سپس با استفاده از روش EOF مناطقی که خصوصیات بارشی مختلف دارند در نیمه جنوبی ایران شناسایی می‌گردند. مؤلفه‌های زمانی و مکانی هر مد EOF اطلاعات مهمی در خصوص بارش دارند.۰/۸ انحراف معیار مؤلفه اصلی (pc) هر مد به‌عنوان معیار برای خشک‌سالی و تر سالی انتخاب می‌شوند. سال‌های تر (خشک) به سال‌هایی اطلاق می‌گردند که مؤلفه اصلی (pc) مدهای EOF برای هر ماه بالاتر از۰/۸(پایین‌تر از ۰/۸) انحراف معیار در هر ماه باشند

در ادامه با استفاده از نرم‌افزار GRADS و داده‌های جوی باز واکاوی شده NCEP_NCAR میانگین ماهانه ارتفاع و دما در دوره (۲۰۰۴_۱۹۷۵)، در چهار تراز ۱۰۰۰، ۸۵۰، ۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال و برای دو ماه خشک و تر انتخابی محاسبه شده است. پس از محاسبات مزبور، نابهنجاری‌های ارتفاع و دما برای چهار تراز و ماه‌های تر و خشک انتخابی به دست آورده شده است.

٤. بحث و نتایج

به‌منظور شناسایی رژیم بارش در نیمه جنوبی ایران، بارش ماهانه طی دوره زمانی ۱۹۷۵ تا ۲۰۰٤ مورد مطالعه قرار گرفته شد. میانگین دراز مدت بارش نشان داد که بارش نیمه جنوبی کشور به جز نیمه جنوبی که در تابستان تحت تأثیر مونسون قرار دارد، عمدتاً در ماه‌های سرد سال رخ می‌دهد. لذا در این مطالعه بارش سالانه در ماه‌های اکتبر تا می در نظر گرفته شده است.

بررسی نتایج EOF در تحلیل داده‌های زمانی و مکانی بارش

با انجام روش توابع متعامد تجربی بر روی داده‌های بارش سری زمانی، در هر ماه پنج مؤلفه اصلی بارش استخراج گردید. که در این مطالعه تنها مد اول (جدول ۱) که بیشترین واریانس را توجیه می‌کند برای بررسی و مطالعه بارش منطقه مورد مطالعه انتخاب گردیده است.

جدول۱ واریانس (٪)، خشک‌سالی و ترسالی مؤلفه اصلی مد اول EOF برای ماه‌های اکتبر تا می

ماه	EOF 1	ترسالی	خشک‌سالی
اکتبر	50/8	۱۹۷۷–۱۹۸۲–۱۹۸۷–۱۹۹۱	۱۹۷۵–۱۹۷۸–۱۹۸۳–۱۹۸۵
نوامبر	75/1	۱۹۸٤–۱۹۸٦–۱۹۹٤	۱۹۹۱–۱۹۹۵–۱۹۹۸
دسامبر	54/6	۱۹۷٤–۱۹۸٦–۱۹۹۱–۱۹۹۲–۲۰۰۱–۲۰۰٤	۱۹۸۱–۱۹۸۳–۱۹۹۰–۱۹۹۳–۱۹۹٦–۱۹۹۸–۱۹۹۹
ژانویه	54/9	۱۹۷۹–۱۹۹۱ –۱۹۹٦–۲۰۰٤	۱۹۸٤–۱۹۸٦–۱۹۸۷–۱۹۸۹–۱۹۹٤–۱۹۹۵–۲۰۰۱
فوریه	65/8	–۱۹۸۰–۱۹۸۸–۱۹۹۳–۱۹۹٦–۱۹۹۸–۱۹۹۹ ۱۹۷٦	۱۹۷۷–۱۹۷۹–۱۹۸٤–۱۹۸۷–۱۹۹٤–۱۹۹۷–۲۰۰۰
مارس	54	۱۹۷٦–۱۹۸۲–۱۹۸۷–۱۹۹۱–۱۹۹٦–۱۹۹۸	۱۹۷۵–۱۹۷۷–۱۹۸۵–۱۹۹۰–۲۰۰۰–۲۰۰۱–۲۰۰٤
آوریل	55	–۱۹۸۲–۱۹۸۷–۱۹۹٦–۱۹۹۷ –۲۰۰۲–۲۰۰٤ ۱۹۷٦	–۱۹۸۵–۱۹۹۱–۱۹۹۸–۱۹۹۹–۲۰۰۰–۲۰۰۱–۲۰۰۵ ۱۹۷۹–۱۹۸٤
مه	38/8	–۱۹۷۹–۱۹۸٦–۱۹۹۲–۱۹۹۳–۱۹۹٤–۱۹۹۵ ۱۹۷۵	۱۹۷۷–۱۹۷۸–۱۹۸۰–۱۹۸۷–۱۹۸۸–۱۹۹۰–۱۹۹۱

پس از تعیین ماه‌های خشک و تر در درون دوره‌های سالانه خشک و تر، برای بررسی گرته‌های همدیدی، چند ماه خشک و تر انتخاب و مبادرت به تعیین نابهنجاری‌های گرته‌های همدیدی در ترازهای ۱۰۰۰، ۸۵۰، ۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال شده است. در بررسی نقشه‌های آنومالی باید به مناطقی از قبیل: شرق مدیترانه، غرب دریای سرخ و غرب عربستان، شمال شرق و شرق شبه‌جزیره عربستان، خاورمیانه از روسیه

تا غرب ایران، شمال غرب و غرب ایران توجه شود. انتظار می‌رود که در دوره‌های خشک دریای سیاه، ترکیه، شرق مدیترانه، غرب دریای سرخ، غرب عربستان و خاورمیانه دارای نابهنجاری‌های مثبت و شمال شرق و شرق عربستان دارای نابهنجاری‌های منفی باشد.

شایان گفتن است که به‌طورمعمول انتظار می‌رود در سیستم‌های باران‌زای روی ایران، ناوه‌ای در شرق مدیترانه و غرب دریای سرخ وجود داشته باشد. هراندازه این ناوه عمیق‌تر باشد، سامانه کم‌فشار تراز دریا عمیق‌تر بوده و از نظر دینامیک دارای فعالیت بیشتری خواهد بود؛ بنابراین نابهنجاری‌های مثبت دلیلی بر عدم وجود ناوه فعال بوده و نشان می‌دهد که در مناطق مزبور به جای ناوه و سامانه‌های کم‌فشار باران‌زا به‌طور نسبی دارای مراکز پرفشار و پرارتفاع باشد. در شمال شرق عربستان نیز در صورت منفی بودن نابهنجاری دلیلی بر وجود یک کم‌فشار بر روی منطقه مزبور بوده و جریانات چرخندی سبب انتقال هوای مناطق خشک قاره‌ای از روی ایران و شمال شرق و شمال عربستان به‌سوی غرب اقیانوس هند می‌شود. درصورتی‌که مناطق شرق مدیترانه، غرب دریای سرخ، غرب عربستان و خاورمیانه همراه با نابهنجاری‌های منفی باشند، دلیلی بر گسترش ناوه در ترازهای زیرین تا بالایی وردسپهر و کم‌فشار در تراز سطح دریا است. هراندازه این نابهنجاری‌ها منفی‌تر بوده باشد، دلیلی بر ژرف بودن ناوه و عمیق بودن کم‌فشار بوده و درنتیجه از نظر دینامیک دارای فعالیت بیشتری خواهد بود. در این حالت وجود نابهنجاری‌های مثبت در شمال شرق و شرق عربستان نشانگر پرفشار در ترازهای زیرین و سطح دریا بوده و با جریان‌های واچرخندی هوای گرم و مرطوب غرب اقیانوس هند را به‌سوی نواحی مرکزی عربستان، جنوب‌غربی و جنوب ایران انتقال می‌دهد.

با توجه به سال‌های خشک و تر دو نمونه از نابهنجاری‌های همدیدی در دوره خشک و دو نمونه از نابهنجاری‌های همدیدی در دوره مرطوب انتخاب و واکاوی شده است. به‌منظور تفسیر بهتر گرته‌های همدیدی در دوره‌های انتخابی نابهنجاری‌های دما و ارتفاع یا دما و فشار بر هم منطبق شده‌اند. بدین ترتیب واکاوی سال‌های خشک و تر به شرح زیر انجام می‌گیرد.

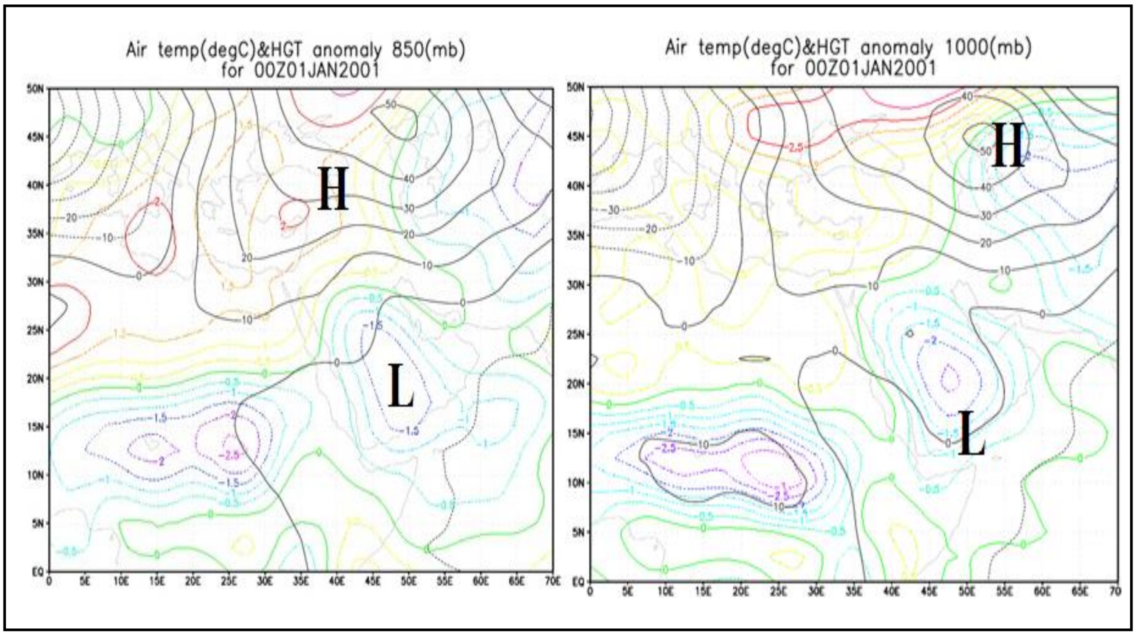
دوره‌های خشک (ژانویه ۲۰۰۱)

با توجه به محاسبات انجام شده دیده می‌شود که ژانویه ۲۰۰۱ در مقایسه با میانگین ماهانه، به‌عنوان ماهی بسیار خشک به شمار می‌آید.

بررسی گرته نابهنجاری تراز دریا

در این تراز شمال دریای سیاه، شرق مدیترانه، غرب دریای سرخ، غرب عربستان و خاورمیانه با نابهنجاری‌های مثبت همراه بوده است. به‌طوری‌که در تراز دریا تا ۲۰ ژئوپتانسیل‌متر معادل با ۲۰ هکتوپاسکال و بر روی دریای خزر تا ۵ هکتوپاسکال افزایش فشار دیده می‌شود. شمال شرق و شرق عربستان، جنوب شرق ایران همراه با نابهنجاری‌های منفی بوده و نشانگر وجود یک چرخند بر روی مناطق مزبور است. در

این حالت همان‌طور که در بالا شرح داده شد به جای انتقال هوای گرم و مرطوب اقیانوس هند بر روی مرکز و نیمه جنوبی ایران، هوای به‌طور نسبی سرد قاره‌ای از روی ایران و خاورمیانه به‌سوی نواحی شرقی شبه‌جزیره عربستان و غرب اقیانوس هند انتقال می‌یابد (شکل شماره ۲). نابهنجاری‌های دما در این ماه به‌طورکلی مثبت بوده و با نابهنجاری‌های مثبت تراز دریا هماهنگی دارد. درواقع این ماه به جای سامانه‌های کم‌فشار باران‌زا بیشتر از سامانه‌های پرفشار برخوردار بوده است.



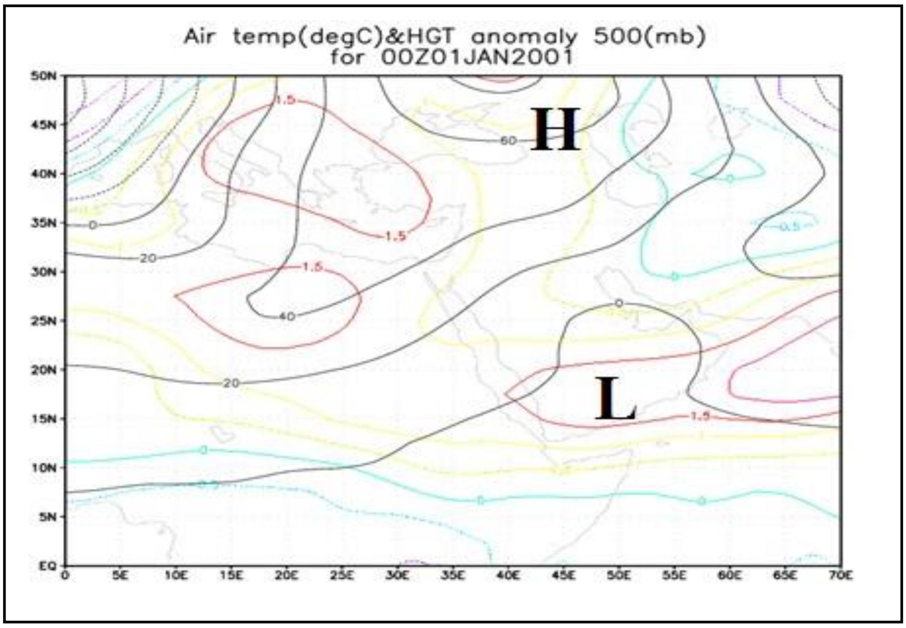
شکل ۲ و ۳ آنومالی دما و فشار تراز دریا و تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ماه ژانویه ۲۰۰۱

بررسی گرته نابهنجاری تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال

در این تراز نیز دریای سیاه، شرق مدیترانه، غرب دریای سرخ، غرب شبه‌جزیره عربستان، خاورمیانه، شمال ایران بر روی دریای خزر با نابهنجاری‌های مثبت همراه است. افزایش ارتفاع در این تراز، در نواحی شرق دریای مدیترانه و نواحی مجاور تا ٤٠ ژئوپتانسیل‌متر و بیشترین آن‌ها بر روی دریای خزر تا ۵۰ ژئوپتانسیل‌متر مشاهده می‌شود. وجود این نابهنجاری‌های مثبت ارتفاع دلیلی بر گسترش و توسعه واچرخند یا پشته‌هایی است که در مناطق یاد شده گسترش یافته است. شایان گفتن است که در این ماه جنوب دریای سرخ و جنوب شبه‌جزیره عربستان و همچنین نواحی شرقی و جنوب‌شرقی شبه‌جزیره توأم با نابهنجاری‌های منفی بوده و نشان می‌دهد که سامانه‌های چرخندی کوچک و کم دامنه از نواحی جنوبی مصر به‌سوی نیمه جنوبی عربستان منتقل شده و نواحی مزبور را تحت تأثیر قرار داده است. نابهنجاری‌های مثبت دما با نابهنجاری‌های مثبت ارتفاع هماهنگی داشته، درصورتی‌که نابهنجاری‌های منفی دما با نابهنجاری‌های منفی ارتفاع همراه است.

بررسی گرته نابهنجاری تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

با توجه به شکل شماره ٤، در این تراز به مانند تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال تقریباً از ۵ درجه شرقی و جنوب مدار ۲۵ درجه شمالی تا نواحی شرقی ایران با افزایش ارتفاع همراه بوده و به‌ویژه نواحی شرقی مدیترانه از میزان نابهنجاری‌های مثبت به‌طور نسبی برخوردار هستند که در بعضی نواحی به بیش از۸۰ ژئوپتانسیل‌متر می‌رسد. دیده می‌شود که در نواحی جنوبی شبه‌جزیره عربستان پایین‌تر از ۱۰ درجه شمالی دارای نابهنجاری‌-های منفی بوده که در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز این نابهنجاری‌ها دیده شده است.



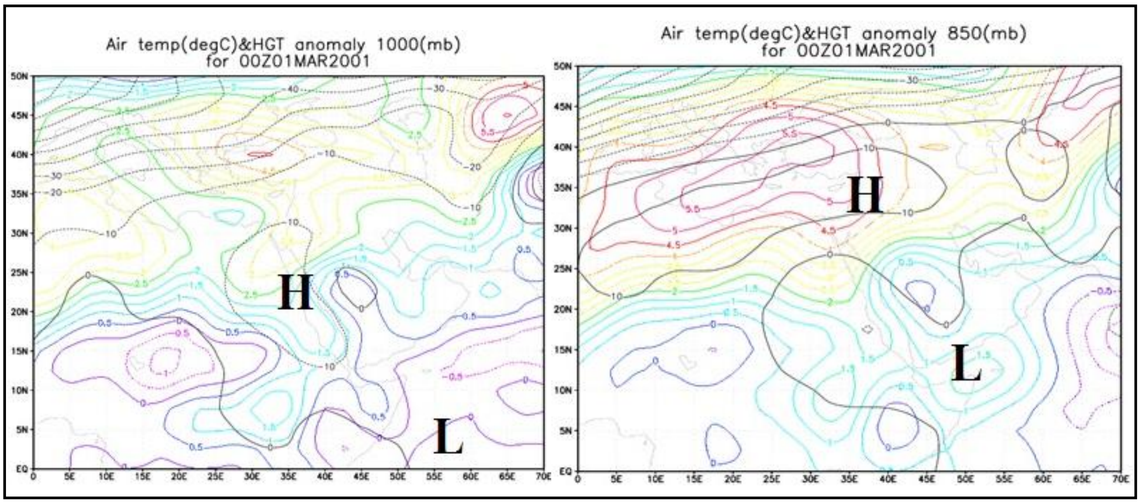
شکل ٤ آنومالی دما و فشار تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ماه ژانویه ۲۰۰۱

شایان گفتن است که از سطح زمین تا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال عرض‌های میانی بالاتر از ۳۵ درجه شمالی تمام نواحی اروپای مرکزی_شرقی نیز با نابهنجاری‌های منفی فشار و ارتفاع همراه بوده، به‌طوری‌که در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال این نابهنجاری‌های منفی بیش از ۰/۵ ژئوپتانسیل‌متر می‌رسد. این گرته توزیع نابهنجاری‌های ارتفاع و فشار مسیر حرکت سامانه‌های باران‌زا در طی ژانویه ۲۰۰۱ را نشان می‌دهد. دیده می‌شود که اکثر آن‌ها از نواحی عرض‌های میانی و شرق اروپا گذر می‌کنند و سراسر منطقه خاورمیانه از شرق مدیترانه تا شرق افغانستان تحت تأثیر واچرخندهای شدید قرار داشته و بدین‌جهت در این ماه نواحی مزبور همراه با خشکی مفرط بوده است.

مارس ۲۰۰۱

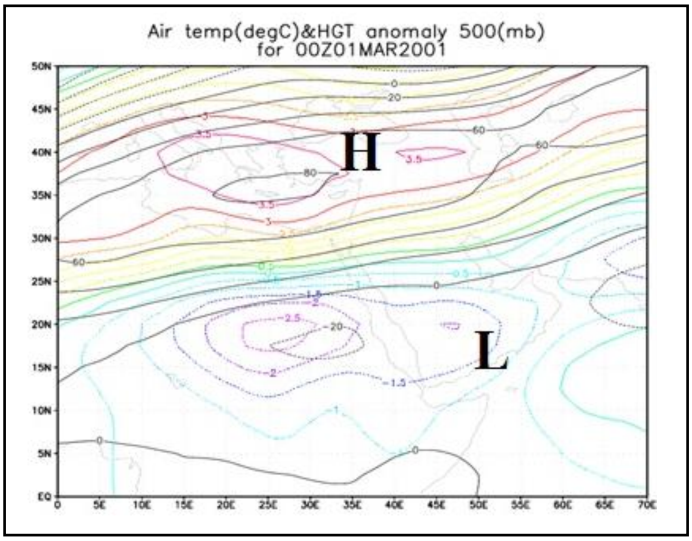
ماه خشک سرد دیگر مارس ۲۰۰۱ است. در این ماه در تراز دریا (شکل ۵)، شرق مدیترانه، سوریه، عراق، ایران با نابهنجاری‌های منفی همراه بوده که ادامه نابهنجاری‌های منفی است که مرکز آن بر روی نواحی

مرکزی اروپا و شرق آن مشاهده می‌گردد. این کاهش ارتفاع در نواحی مزبور به بیش از ۵ میلی‌بار در سطح زمین و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به بیش از ۸۰ ژئوپتانسیل‌متر می‌رسد.



شکل ۵ و ٦ آنومالی دماوفشار تراز دریا و تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ماه مارس ۲۰۰۱

شکل‌های ۵ تا ٦ توزیع نابهنجاری‌های فشار دریا و ارتفاع در ترازهای ۸۵۰ هکتوپاسکال را نشان می‌دهد. در این ماه نیز نواحی شرقی و شمال شرقی عربستان با نابهنجاری‌های منفی همراه بوده و نشان می‌دهد که در این ماه، این منطقه با گسترش چرخندها مواجه بوده است. این نوع جریان چرخندی در منطقه معرف انتقال هوای نسبی سرد قاره‌ای از روی ایران و شمال آن به‌سوی نواحی شرق و شمال شرق عربستان و غرب اقیانوس هند است که جریانی معکوس و برخلاف معمول ماه‌های پرباران است.

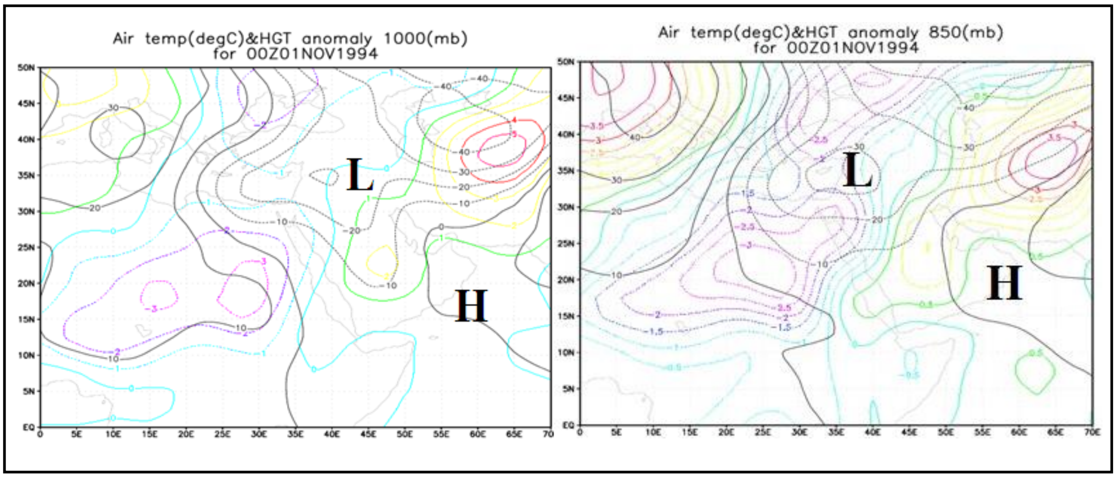


شکل ۷ آنومالی دما و فشار تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ماه مارس ۲۰۰۱

دوره‌های مرطوب (نوامبر ۱۹۹٤)

بررسی گرته نابهنجاری تراز سطح دریا

به‌گونه‌ای که در تراز سطح دریا (شکل ۸) مشاهده می‌شود، در ماه نوامبر ۱۹۹٤ سامانه کم‌فشار از شرق مدیترانه تا شمال شرق و شرق ایران و همچنین از شمال مصر تا شمال عربستان از گستردگی بیشتری نسبت به میانگین ۳۰ ساله برخوردار است؛ زیرا تمام نواحی مزبور از نابهنجاری‌های فشار منفی برخوردار است و انتظار می‌رود که سامانه‌های باران‌زا در این ماه از فراوانی بیشتری برخوردار باشند. افزایش دما در سراسر ایران از یک درجه در جنوب تا ۱/۵درجه در شمال شرقی کشور دارای نوسان است. افزایش دما سبب می‌شود که توده هوا از یک میانگین دمایی متناسبی برخوردار باشد و قابلیت پذیرش بخار آب بیشتری داشته باشد و درنتیجه جذب رطوبت در این ماه بیشتر انجام گیرد.



شکل ۸ و ۹ آنومالی دماوفشار تراز دریا و تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ماه نوامبر ۱۹۹٤

بررسی گرته نابهنجاری تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال

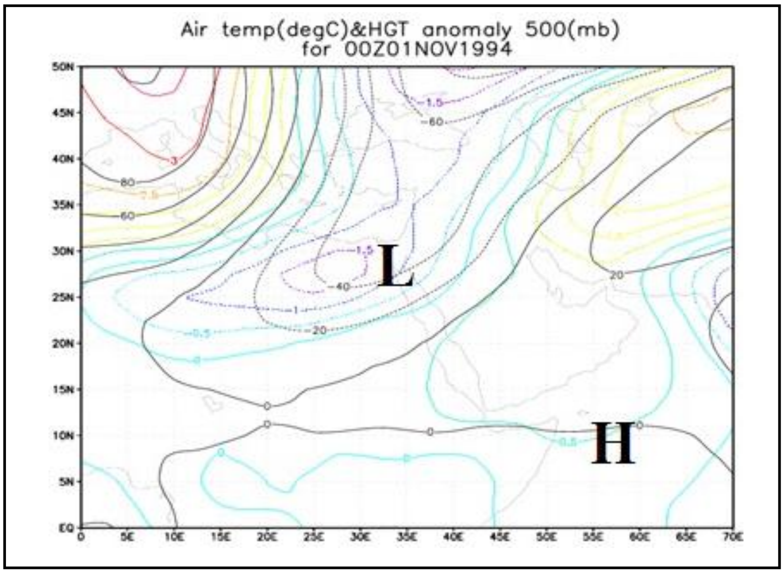
در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۹)، بر روی دریای سیاه، شرق مدیترانه، غرب دریای سرخ، غرب شبه‌جزیره عربستان و خاورمیانه با کاهش ارتفاع همراه است و بیشترین کاهش در حدود ۳۰ ژئوپتانسیل‌متر در نواحی شرقی مدیترانه است و نشانگر فعال بودن ناوه است.

در این تراز نیز مانند تراز سطح زمین گستردگی کم ارتفاع به‌ویژه در شرق مدیترانه کاملاً مشخص است و نشان می‌دهد که ناوه در شرق مدیترانه به‌طور نسبی نسبت به میانگین ۳۰ ساله با توجه به کاهش فشار در منطقه عمیق‌تر بوده، درنتیجه جریانات شمال‌شرقی تا شمال‌غرب در پشت این ناوه نسبتاً عمیق سبب ریزش هوای سرد شده است. کاهش فشار در شرق مدیترانه همراه با تاوایی مثبت خواهد بود، درنتیجه نه‌تنها هوای سرد از عرض‌های میانی و شمالی‌تر به‌سوی عرض‌های جنوبی و شرقی مدیترانه ریزش می‌کند بلکه فرارفت

مثبت تاوایی در این تراز نیز از مقدار بیشتری نسبت به میانگین در عرض‌های جنوبی‌تر برخوردار است. انتقال هوای سرد از عرض‌های شمالی به نواحی جنوبی تا نواحی جنوب مصر و فرارفت تاوایی از روی شرق مدیترانه تا نواحی جنوب مصر سبب فعال شدن سامانه کم ارتفاع و کم‌فشار سودانی در این ماه شده است. جنوب و جنوب‌غرب کشور بین ۱ تا ۲ درجه با افزایش دما همراه است، ولی نواحی شرقی مدیترانه بین ۱ تا ۲ درجه کاهش دما را نشان می‌دهد و همان‌طور که در بالا شرح داده شد، هوای سرد زیادی از عرض‌های میانی و شمالی به‌سوی شرق مدیترانه ریزش کرده است. تاوه قطبی نیز از کاهش ارتفاع برخوردار بوده، به‌طوری‌که بالاتر از عرض ۵۰ درجه شمالی با کاهش ارتفاع همراه است، پس تاوه قطبی نیز نسبت به میانگین سی ساله نفوذ بیشتری دارد.

بررسی گرته نابهنجاری سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال

در تراز ۵۰۰ (شکل ۱۰) خط صفر از مرکز عربستان به طرف شمال شرق ایران کشیده شده که، بالای این خط منفی و جنوب آن مثبت است. تمام نواحی دریای سیاه، ترکیه، شرق مدیترانه با کاهش ارتفاع در حدود ٤۰ ژئوپتانسیل‌متر همراه است. کاهش ارتفاع تا شمال دریای سرخ و مصر کشیده شده و نشان می‌دهد ناوه‌ای که در شرق مدیترانه است از ژرفای بیشتری نسبت به میانگین ۳۰ ساله برخوردار بوده است. در شرق مدیترانه دما حدود ۱ تا ۱/۵ درجه کاهش داشته است. این امر نشان می‌دهد که هوای سرد عرض‌های شمالی‌تر به‌سوی نواحی جنوبی‌تر کشیده شده است.



شکل ۱۰ آنومالی دما و فشار تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ماه نوامبر ۱۹۹٤

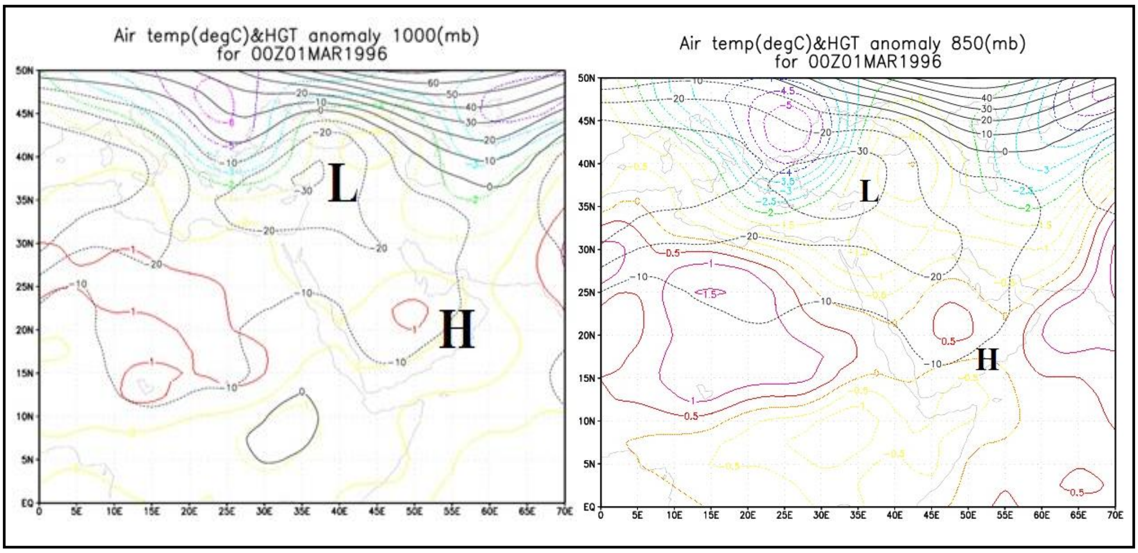
نقشه‌های آنومالی این ماه نشان می‌دهد که افزایش ارتفاع با افزایش دما و کاهش ارتفاع با کاهش دما همراه است و نشان می‌دهد که با عمیق شدن ناوه در شرق مدیترانه، به سبب گستردگی بیشتر عقب ناوه

نه‌تنها ریزش هوای سرد از عرض‌های شمالی‌تر به‌سوی نواحی جنوبی کشیده شده است، بلکه فرارفت تاوایی مثبت با توجه به خط جریان به‌سوی عرض‌های پایین‌تر، عمیق شدن ناوه را نیز به همراه داشته و سبب فعال شدن سامانه‌های کم‌فشار باران‌زا بر روی نواحی سوریه، عراق، غرب و مرکز شبه‌جزیره عربستان شده و انتقال آن‌ها به‌سوی نواحی جنوب غربی و جنوب ایران با افزایش بارش همراه بوده است. استقرار واچرخند به‌طور نسبی قوی در نواحی شمال شرقی و شرق عربستان، انتقال هوای گرم و مرطوب دریای عرب و عمان را به‌سوی نواحی مرکزی عربستان، شمال غرب آن، جنوب و جنوب غرب ایران به همراه دارد که این خود سبب افزایش بارش در منطقه شده است.

مارس ۱۹۹۶

نقشه سطح زمین (شکل ۱۱)، در این ماه نشان می‌دهد که به جز مرکز پرفشاری که در جنوب‌غربی دریای سرخ بسته شده، بقیه نقاط منطقه خاورمیانه، عربستان، نیمه غربی ایران کاملاً تحت نفوذ نابهنجاری‌های منفی فشار بوده و مشخصه گستردگی چرخند در این ناحیه است.

شمال خراسان و عرض‌های بالاتر تحت تأثیر هوای بسیار سرد نواحی قطبی قرار گرفته و با افزایش فشار در حدود ٦ میلی‌متر همراه است. بیشترین کاهش فشار در نواحی جنوب ترکیه و شمال سوریه دیده می‌شود. افزایش فشار بر روی نواحی شمالی سیبری و شرق مسکو به سبب هوای سرد است که از سوی ناوه قطبی ریزش کرده است. دمای نواحی جنوبی بیشتر از صفر درجه و هرچه به سمت شمال و شمال شرقی پیش می‌رویم از دمای هوا کاسته شده تا به ۳- درجه سانتی‌گراد می‌رسد. وجود هوای سرد نسبی سبب شده که در بعضی نقاط مرتفع از میزان کاهش فشار کاسته و گاهی به‌صورت پرفشار از نوع سرد درآید.



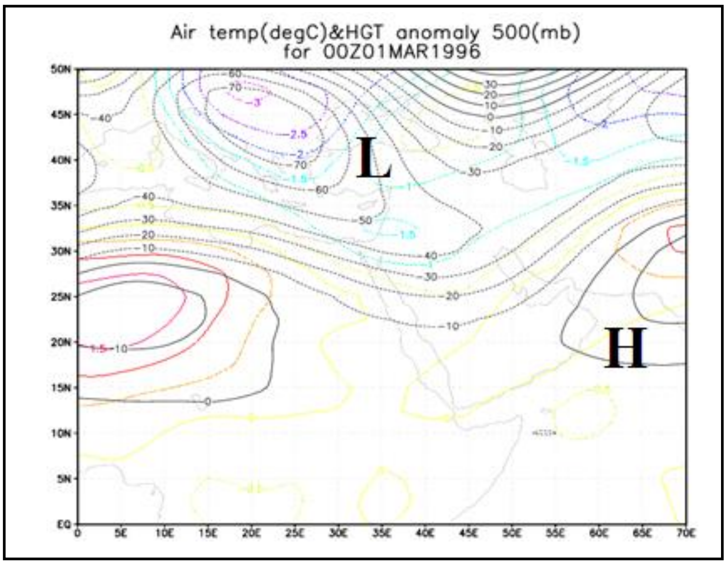
شکل ۱۱ و ۱۲ آنومالی دماوفشار تراز دریا و تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ماه مارس ۱۹۹٦

تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال

با توجه به شکل ۱۱، در تمام نواحی دریای سیاه، ترکیه، شرق مدیترانه تا جنوب مصر و شمال دریای سرخ، شبه‌جزیره عربستان و ایران کاملاً کاهش ارتفاع را نشان می‌دهد. کاهش ارتفاع در نواحی شرقی مدیترانه در حدود ۳۰ ژئوپتانسیل متر بوده است. کاهش دما در نواحی جنوب غرب و جنوب ایران بین ۰/۵ تا ۱ درجه و در نواحی شمالی‌تر آن کاهش از ۲ درجه بیشتر است.

تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

در این تراز کل ایران با کاهش ارتفاع بین ۱۰ تا ۳۰ ژئوپتانسل‌متر همراه است. کاهش عمیق ارتفاع از شمال دریای سیاه به‌سوی شرق ترکیه و شمال دریای سرخ به ترتیب از ٦۰ ژئوپتانسیل‌متر تا ۱۰ ژئوپتانسیل-متر می‌رسد. این کاهش درست در جهت ناوه‌ای است که در شرق مدیترانه وجود دارد. سلول‌هایی با کاهش دما معادل با ۱/۵– درجه سلسیوس در قسمت‌های مختلف خاورمیانه بسته شده و نشان دهنده این امر است که دما از میزان ۱/۵– درجه سلسیوس بیشترکاهش نیافته است.



شکل ۱۳ آنومالی دما و فشار تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ماه مارس ۱۹۹٦

۵. نتیجه‌گیری

بررسی نقشه‌های همدیدی تراز دریا و ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال در چهار سامانه باران‌زای ورودی به کشور به‌عنوان نمونه مطالعاتی در دوره سال‌های خشک و تر نشان داد در سال‌های تر ریزش هوای سرد از عرض‌های بالاتر از ٤۰ درجه شمالی به علت عمیق شدن ناوه مدیترانه و انتقال تاوایی مثبت به‌سوی عرض‌های پایین‌تر از شرق مدیترانه سبب دینامیکی شدن سامانه کم‌فشار سودانی شده است. بعلاوه،

قرارگیری پرفشار عربستان در شرق و شمال شرق عربستان سبب فرارفت شار رطوبت از غرب اقیانوس هند به جلو سامانه سودانی شده است؛ که هم‌زمانی این فرارفت شار رطوبت توسط پرفشار مزبور و حرکت شرق سوی سامانه دینامیکی سودانی منجر به انتقال شار رطوبت به نواحی جنوب و جنوب غرب ایران شده است. گسترش این کم‌فشار و فعالیت شدید آن در زمان بارش منجر به ریزش بارش‌های هم رفتی بسیار بالایی به میزان چهار برابر میانگین سالانه در جنوب و جنوب غرب ایران شده است

همچنین در سال‌های خشک به علت فعال نبودن سامانه سودانی و تضعیف ناوه بلند مدیترانه و گاهی وجود واچرخند در نواحی مزبور سامانه‌های باران‌زا از نواحی شمالی‌تر از عرض ۴۰ درجه شمالی عبور کرده و کشور را تحت تأثیر قرار نداده‌اند و در صورت ورود سامانه‌های باران‌زا به‌قدری ضعیف بوده‌اند و یا گردش جو در منطقه طوری بوده است که انتقال شار رطوبت غرب اقیانوس هند به درون سامانه‌های باران‌زا تغذیه نشده و به‌این‌علت ریزش باران‌های بسیار کم و ناچیز مشاهده می‌گردد که این میزان بارش حتی کمتر از ۰/۲ میانگین سی ساله آن منطقه بوده است.

بنابراین این بررسی دو گرته کاملاً متمایز برای دوره‌های ترسال و خشک‌سال که نمونه آن‌ها مارس و ژانویه ۲۰۰۱ برای خشک‌سالی و نوامبر ۲۰۰٤و مارس ۱۹۹٦ برای ترسالی است ارائه داد. با توجه به گرته‌-های مزبور همان‌طور که در مقدمه و هدف شرح داده شد، انتظار می‌رود که در زمان ترسالی نواحی دریای سیاه، ترکیه، شرق مدیترانه، غرب دریای سرخ، غرب عربستان و خاورمیانه از سوریه تا غرب ایران از نابهنجاری‌های منفی فشار و ارتفاع برخوردار بوده و نواحی شمال شرقی و شرق عربستان از نابهنجاری‌های مثبت برخوردار باشد و در سال‌های خشک نواحی مزبور وارونه بوده و از نابهنجاری‌های مثبت فشار و ارتفاع برخوردار باشد.

کتابنامه

ایزد نگهدار، زهرا؛ ۱۳۷۰. بررسی سینوپتییکی بعضی از سیستم‌های مدیترانه‌ای مخصوص و اثرات آن بر روی ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی. موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

سبزی پرور، علی‌اکبر؛ ۱۳۷۰. بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل زا در جنوب غرب ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی. موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

لشکری، حسن؛ ۱۳۷۵. الگوهای سینوپتیکی بارش‌های شدید در جنوب غرب ایران. رساله دکتری اقلیم‌شناسی. دانشکده علوم انسانی. دانشگاه تربیت مدرس.

لشکری، حسن؛ ۱۳۸۱. مسیر یابی سامانه‌های کم‌فشار سودانی ورودی به ایران. مجله مدرس. دوره ٦. شماره ۲. پیاپی ۲۵. ۱٥٦-۱۳۳.

فرج زاده اصل، منوچهر؛ ۱۳۷٤. تحلیل و پیش‌بینی خشک‌سالی در ایران. رساله دکتری اقلیم‌شناسی. دانشکده علوم انسانی. دانشگاه تربیت مدرس.

فرجی، اسماعیل؛ ۱۳٦۰. بررسی مسیر سیستم‌های فشار کم باران‌زا بر روی ایران و ارائه الگوهایی از موقعیت و چگونگی حرکت آن‌ها. پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی. موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

قائمی، هوشنگ؛ ۱۳٤۹. بادهای شدید سطوح فوقانی و تأثیر منابع رطوبتی اقیانوس هند بر روی بارش‌های ایران. نیوار. بهمن ماه ۱۳٤۹.

کریمی احمدآباد، مصطفی؛۱۳۸٦. تحلیل منابع تأمین رطوبت بارش‌های ایران. پایان‌نامه دکتری. دانشگاه تربیت مدرس. گروه جغرافیا.

مرادی، محمد؛ ۱۳۸۵. بررسی نقش کم‌فشار گرمایی سودان – اتیوپی و ارتفاعات زاگرس در سامانه‌های مؤثر بر آب‌وهوای ایران. رساله دکتری هواشناسی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

مفیدی، عباس؛ ۱۳۸۳. «اقلیم‌شناسی سینوپتیکی بارش‌های سیل زا با منشأ منطقه دریای سرخ در خاورمیانه». مجله تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷۵. ۷۱-۹۳.

Alpert, P., Neeman, B. U., & Shay-El, Y.(1990).Intermonthly variability of cyclone tracks in the Mediterranean. *Journal of Climate*, *3*, 1474–1478.

Bitan,A.,&Saaroni, H. (1992).The horizontal and vertical extension of the Persian gulf pressure trough.*International Journal of Climatology*,*12*,733-747.

*Dayan, U.,&Abramsky, R.(1983).Heavy rain in the Middle East related to unusual jet stream properties.*Bulletin of the American Meteorological Society, 64*(10), 1133-1140.*

Evans, J.P., Smith, R.B., & Oglesby, R.J. (2004). Middle East climate simulation and dominant precipitation processes. International Journal of Climatology, 24,*1671–1694.*

Kahana, R., Ziv, B., Enzel, Y.,&Dayan, U. (2002).Synoptic climatology of a major floods in the Neghve desert, Israel. *International Journal of Climatology*,*22*, 867-882.

Kidron, G.J.,& Pick, K.(2000).The limited role of localized convective storms in runoff production in the Western Negev Desert. Journal of Hydrology, 229, *281-289.*